

УДК 338.432:633.002.6:005  
JEL Code O13, Q17

**О.В. КАЛІНІЧЕНКО**

(Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна)

## Методичні засади оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва

Стаття присвячена обґрунтуванню системи показників оцінки енергетичної ефективності виробництва сільськогосподарських культур. Розкрито методика розрахунку енергетичних показників виробництва продукції рослинництва (прямі енергетичні витрати; непрямі енергетичні витрати; сукупні енергетичні витрати; сукупна енергія, накопичена в продукції рослинництва; енергетичний прибуток виробництва продукції рослинництва; енергетична рентабельність продукції рослинництва; коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва; енергоємність виробництва продукції рослинництва; енерговіддача виробництва продукції рослинництва). Визначено основні чинники, які впливають на енергетичну ефективність виробництва продукції рослинництва: біокліматичні умови, рівень розвитку технологій, рівень технічного забезпечення, організаційно-економічні. Проведено оцінку енергетичної ефективності виробництва сільськогосподарських культур в Україні. Виявлено, що найвищий вміст енергії в продукції мають цукрові буряки, а найбільший енергетичний прибуток може бути отриманий у результаті виробництва кукурудзи на зерно.

**Ключові слова:** енергія, поновлювана енергія, неоновлювана енергія, енергетична ефективність, виробництво продукції рослинництва.

**А.В. КАЛИНИЧЕНКО**

(Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина)

## Методические засады оценки энергетической эффективности производства продукции растениеводства

Статья посвящена обоснованию системы показателей оценки энергетической эффективности производства сельскохозяйственных культур. Раскрыта методика расчета энергетических показателей производства продукции растениеводства (прямые затраты энергии; непрямые затраты энергии; совокупные затраты энергии; энергосодержание продукции растениеводства; энергетическая прибыль производства продукции растениеводства; энергетическая рентабельность продукции растениеводства; коэффициент энергетической эффективности производства продукции растениеводства; энергоёмность производства продукции растениеводства; энергоотдача производства продукции растениеводства). Определены основные факторы, которые влияют на энергетическую эффективность производства продукции растениеводства: биоклиматические условия, уровень развития технологий, уровень технического обеспечения, организационно-экономические. Проведена оценка энергетической эффективности производства сельскохозяйственных культур в Украине. Вывявлено, что высокое содержание энергии в продукции имеет сахарная свекла, а наибольшую энергетическую прибыль можно получить в результате производства кукурузы на зерно.

**Ключевые слова:** энергия, возобновляемая энергия, невозобновляемая энергия, энергетическая эффективность, производство продукции растениеводства.

## Methodological Principles of Valuation of Energy Efficiency of Crop Production

*The article is devoted to substantiating the system of indicators of the energy efficiency of crop production. The methodology for calculating the energy performance of crop production (direct energy costs; indirect energy costs; total energy consumption; total energy stored in crop production; energy profits from crop production; energy efficiency of crop production; coefficient of energy efficiency of crop production; energy intensity of crop production; energy return on crop production) is provided. The main factors are determined that affect the energy efficiency of crop production, such as bioclimatic conditions, the level of technology, the level of technical support, organizational and economic factors. The estimation of energy efficiency of crops in Ukraine is made. The production of sugar beets is found to be most energy consuming, and the largest energy profits can be obtained in the production of grain maize.*

**Keywords:** energy, renewable energy, non-renewable energy, energy efficiency, crop production.

**Постановка проблеми.** Сучасне виробництво продукції рослинництва в Україні характеризується високим рівнем механізації виробничих процесів. Це вимагає залучення переважно вичерпних матеріальних та енергетичних ресурсів, вартість яких постійно збільшується. За таких обставин актуальною є розробка нових підходів щодо оцінки рівня енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сутність категорій і показників енергетичної оцінки в сільському господарстві висвітлена в колективній праці Ю.О. Тараріко, О.Ю. Несмашної, О.М. Берднікова, Л.Д. Глушенка та Г.І. Личука [1], спільному дослідженні В.В. Гришка, В.І. Перебийніса, В.М. Рабштини [3], публікаціях О.К. Медведовського, П.І. Іваненка [4], В.І. Пастухова [5], А.М. Стельмашука [6], монографії В.К. Буги, Г.Ф. Добиша, А.А. Міцкевича [2] та інших. Дослідники по-різному визначають поняття «енергетична ефективність» та мають різні точки зору на показники, що характеризують енергетичну ефективність виробництва сільськогосподарської продукції. Відтак актуальним напрямком продовження їх досліджень є подальше опрацювання теоретичних та практичних засад методики оцінки енергетичної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції.

**Метою статті** є визначення рівнів енергетичної ефективності та обґрунтування системи показників оцінки енергетичної ефективності виробництва сільськогосподарських культур.

**Методика дослідження.** Для досягнення поставленої мети використані наступні методи дослідження: абстрактно-логічний, монографічний, статистико-економічний, розрахунково-конструктивний, енергетичний аналіз.

**Виклад основних результатів дослідження.** Виробництво продукції рослинництва – це процес споживання енергії, а також її відтворення.

Енергія – це узагальнена міра руху матерії. Вона є не об'єктом чи явищем, а лише його

характеристикою. Енергія не тільки зберігається, але й перетворюється. Поняття «енергія» пов'язує усі явища природи. Первинним джерелом енергії всього живого і людської діяльності є Сонце. Енергію можна виробляти, передавати, споживати, а також вимірювати її кількість.

Рослинництво є галуззю сільськогосподарського виробництва, в якій відбувається процес перетворення поновлюваної енергії (сонячна радіація, енергопотенціал ґрунту, температура повітря і ґрунту), непоновлюваної енергії (енергетичні ресурси – бензин, дизельне паливо, електроенергія; енергія, уречевлена в мінеральних та органічних добривах, пестицидах; енергія, уречевлена в насінні; енергія, уречевлена в техніці та обладнанні; енергія, уречевлена в будівлях та спорудах) та енергії живої праці на потенційну енергію органічної речовини (білки, жири, вуглеводи).

У сільськогосподарському виробництві категорія енергетичної ефективності відображає співвідношення між обсягом виробництва сільськогосподарської продукції, що відповідає чинним стандартам якості, та величиною сукупних витрат енергії за умови дотримання вимог охорони навколишнього середовища.

Енергетична ефективність в рослинництві досягається шляхом оптимізації сукупних витрат енергії у розрахунку на одиницю продукції рослинництва без погіршення якості за найменшого негативного впливу на навколишнє середовище.

Рівні енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва дозволяють оцінити раціональне використання природного і ресурсного потенціалу галузі рослинництва на рівнях аграрного підприємства, району, області.

При цьому слід розрізняти наступні рівні енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва:

1) неефективний – накопичення сукупної енергії в продукції рослинництва у кількості, що не перевищує рівень сукупних енергетичних витрат на виробництво;

2) низький – накопичення сукупної енергії в продукції рослинництва у кількості, що дорівнює або незначною мірою перевищує рівень сукупних енергетичних витрат на виробництво;

3) середній – накопичення сукупної енергії в продукції рослинництва у кількості, що перевищує

рівень сукупних енергетичних витрат на виробництво;

4) високий – накопичення сукупної енергії в продукції рослинництва у кількості, що значно перевищує рівень сукупних енергетичних витрат на виробництво (рис. 1).

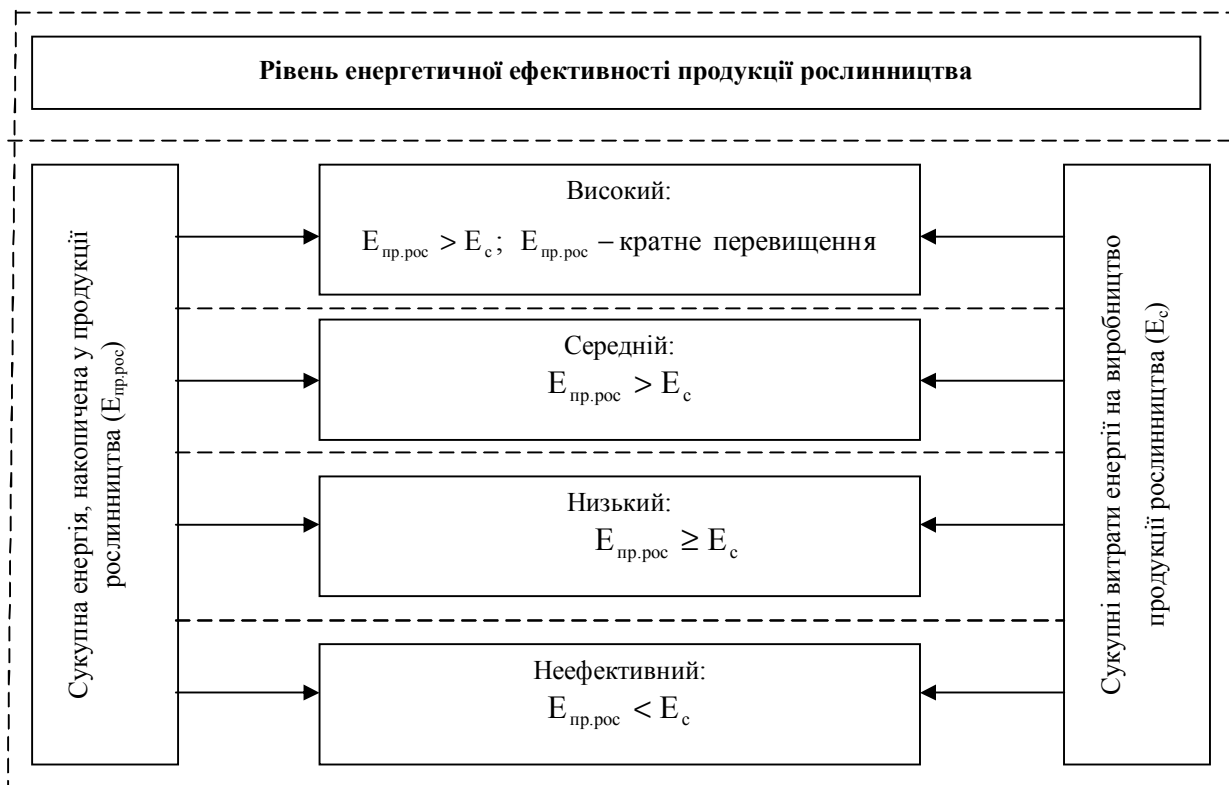


Рис. 1. Класифікація рівнів енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва  
Джерело: авторська розробка.

Для оцінки рівня енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва пропонуємо використовувати систему показників, які характеризують об'єкт, технологічний процес та кінцеву сільськогосподарську продукцію: прямі енергетичні витрати; непрямі енергетичні витрати; сукупні енергетичні витрати; сукупна енергія, накопичена в продукції рослинництва; енергетичний прибуток виробництва продукції рослинництва; енергетична рентабельність продукції рослинництва; коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва; енергомісткість виробництва продукції рослинництва; енерговіддача виробництва продукції рослинництва.

Прямі енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва враховують енергетичні витрати на рівнях їх придбання (залучення), безпосередньо виробничого процесу та реалізації:

$$E_{пр} = \sum_{i=1}^n (E_{di} + E_{mi} + E_{zi} + E_{ui}), \quad (1)$$

де  $E_{пр}$  – прямі енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва, МДж;

$E_{di}$  – витрати енергії, уречевленої у паливно-мастильних матеріалах, електроенергії, МДж;

$E_{mi}$  – витрати енергії, уречевленої в насінні, мінеральних та органічних добривах, засобах захисту рослин, МДж;

$E_{zi}$  – витрати енергії живої праці, МДж;

$E_{ui}$  – витрати енергії, уречевленої в основних засобах виробництва, МДж.

Непрямі енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва визначаються як сукупність витрат енергії управлінського та обслуговуючого персоналу, засобів на забезпечення діяльності вказаної категорії працівників, на обслуговування виробничої та соціальної інфраструктури:

$$E_{нпр} = \sum_{i=1}^n (E_{si} + E_{yi} + E_{di}), \quad (2)$$

де  $E_{нпр}$  – непрямі енергетичні витрати, МДж;

$E_{si}$  – витрати енергії управлінського та обслуговуючого персоналу, МДж;

$E_{yi}$  – витрати енергії на засоби утримання управлінського та обслуговуючого персоналу, МДж;

$E_{di}$  – витрати енергії на обслуговування виробничої та соціальної інфраструктури, МДж.

Сукупні енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва:

$$E_c = E_{пр} + E_{нпр}, \quad (3)$$

де  $E_c$  – сукупні енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва, МДж;

$E_{пр}$  – прямі енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва, МДж;

$E_{нпр}$  – непрямі енергетичні витрати, МДж/га.

Сукупна енергія, накопичена в продукції рослинництва, визначається шляхом переведення обсягу виробленої продукції рослинництва (врожаю) в абсолютно суху речовину з урахуванням її енергетичної цінності:

$$E_{пр.рос} = \sum_{i=1}^n OB_{прі} \cdot K_{прі} \cdot e_{прі} \cdot 100 + OB_{пр.пні} \cdot K_{пр.пні}, \quad (4)$$

де  $E_{пр.рос}$  – сукупна енергія, накопичена в продукції рослинництва, МДж;

$OB_{прі}$  – обсяг виробленої продукції  $i$ -го виду (врожайність), ц;

$K_{прі}$  – коефіцієнт переведення виробленої продукції  $i$ -го виду в суху речовину;

$e_{прі}$  – вміст енергії в 1 кг сухої речовини, МДж;

$OB_{пр.пні}$  – обсяг виробленої побічної продукції  $i$ -го виду, ц;

$K_{пр.пні}$  – коефіцієнт переведення виробленої побічної продукції  $i$ -го виду в суху речовину;

$n$  – кількість видів продукції.

Енергетичний прибуток виробництва продукції рослинництва розраховується як різниця між сукупною енергією, накопиченої в продукції рослинництва, що приведена до стандартної вологості та сукупними енергетичними витратами на виробництво продукції рослинництва:

$$Pr_e = E_{пр.рос} - E_c \quad (5)$$

де  $Pr_e$  – енергетичний прибуток виробництва продукції рослинництва, МДж;

$E_{пр.рос}$  – сукупна енергія, накопичена в продукції рослинництва, МДж;

$E_c$  – сукупні витрати енергії на виробництво продукції рослинництва, МДж.

Енергетична рентабельність продукції рослинництва – відсоткове відношення енергетичного прибутку до сукупних витрат енергії на виробництво продукції рослинництва:

$$P_e = \frac{Pr_e}{E_c} \cdot 100\%, \quad (6)$$

де  $P_e$  – енергетична рентабельність продукції рослинництва, %;

$Pr_e$  – енергетичний прибуток виробництва продукції рослинництва, МДж;

$E_c$  – сукупні витрати енергії на виробництво продукції рослинництва, МДж.

Даний показник характеризує енергетичну ефективність сукупних витрат енергії, ступінь перевищення кінцевого результату порівняно з

обсягом використаних ресурсів у енергетичному еквіваленті.

Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва розраховується як співвідношення кількості енергії, яка міститься у виробленій продукції рослинництва до кількості непоновлюваної енергії витраченої на її виробництво:

$$K_{еe} = \frac{E_{пр.рос}}{E_c}, \quad (7)$$

де  $K_{еe}$  – коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва;

$E_{пр.рос}$  – сукупна енергія, накопичена у продукції рослинництва, МДж;

$E_c$  – сукупні витрати енергії на виробництво продукції рослинництва, МДж.

Якщо  $K_{еe} < 1$  – виробництво неефективне;

1 – 1,5 – низький рівень ефективності;

1,5 – 2,5 – середній рівень ефективності;

$K_{еe} > 2,5$  – високий рівень енергетичної ефективності.

Енергомісткість виробництва продукції рослинництва визначається як відношення сукупних витрат енергії на виробництво продукції рослинництва до валової продукції рослинництва (обернений показник до енерговіддачі):

$$EM_{рос} = \frac{E_c}{ВП_{рос}}, \quad (8)$$

де  $EM_{рос}$  – енергомісткість виробництва продукції рослинництва, МДж/грн.;

$E_c$  – сукупні витрати енергії на виробництво продукції рослинництва, МДж;

$ВП_{рос}$  – валова продукція рослинництва, грн.

Енерговіддача виробництва продукції рослинництва – відношення валової продукції рослинництва до сукупних витрат енергії на виробництво продукції рослинництва:

$$EB_{рос} = \frac{ВП_{рос}}{E_c}, \quad (9)$$

де  $EB_{рос}$  – енерговіддача виробництва продукції рослинництва, грн./МДж;

$ВП_{рос}$  – валова продукція рослинництва, грн.;

$E_c$  – сукупні витрати енергії на виробництво продукції рослинництва, МДж.

Різні галузі рослинництва внаслідок техніко-технологічних відмінностей та біологічних властивостей видів і сортів сільськогосподарських культур відрізняються між собою своєю енергомісткістю.

Основними чинниками, що визначають енергетичну ефективність виробництва продукції рослинництва є: біокліматичні умови, рівень розвитку технологій, рівень технічного забезпечення, організаційно-економічні (рис. 2).

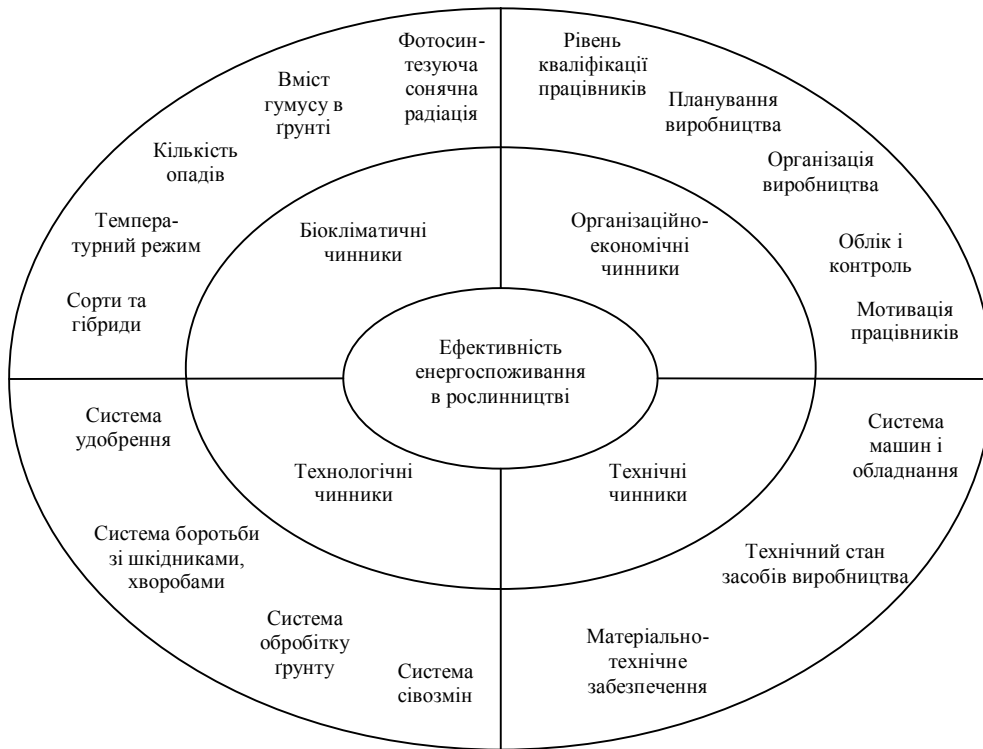


Рис. 2. Чинники енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва  
Джерело: авторська розробка.

Результати проведеної нами енергетичної оцінки технологій виробництва основних сільськогосподарських культур (зона Лісостепу) (табл. 1) свідчать, що найвищий вміст енергії в продукції мають цукрові буряки – 127871,1 МДж/га, озима пшениця – 107194 МДж/га, кукурудза на зерно – 106206,9 МДж/га, ячмінь – 82456,9 МДж/га, горох – 70931 МДж/га, соняшник – 53339,4 МДж/га, гречка – 50120,7 МДж/га, конюшина на зелений корм – 23056,1 МДж/га, люцерна на сіно – 16372,5 МДж/га. Крім того, сільськогосподарські культури мають різні сукупні витрати енергії. Так, величина сукупних енергетичних витрат на виробництво цукрових буряків становить 44203,5 МДж/га, озимої пшениці – 34456,4 МДж/га, гороху – 21709,7 МДж/га, на виробництво соняшнику та ячменю – 20349,9 МДж/га і 16386,3 МДж/га відповідно. Виробництво гречки та кукурудзи на зерно – 14208,5 МДж/га і 13705 МДж/га. Конюшина на зелений корм та люцерна на сіно мають найменший показник питомих енергетичних витрат – 9390,7 і 4468,6 МДж/га відповідно.

Найбільший енергетичний прибуток може бути отриманий у результаті виробництва кукурудзи на зерно – 92501,9 МДж/га, цукрових буряків – 83667,6 МДж/га, озимої пшениці – 72737,6 МДж/га та ячменю – 66070,6 МДж/га.

Високого рівня енергетичної ефективності ( $K_{ee} = 3,53 - 7,75$ ) можливо досягти при виробництві кукурудзи на зерно, ячменю, люцерни на сіно та

гречки. А також гороху, озимої пшениці, цукрових буряків та соняшнику ( $K_{ee} = 2,62 - 3,27$ ). Середній рівень енергетичної ефективності ( $K_{ee} = 2,46$ ) досягається у результаті виробництва конюшини на зелений корм.

Найбільш енергомістким є виробництво люцерни на сіно та конюшини на зелений корм – 8,71 і 7,04 МДж/грн. (енерговіддача 0,11 та 0,14 грн./МДж) відповідно. При виробництві озимої пшениці, гороху та ячменю – 5,16, 5,11 і 3,44 МДж/грн. (0,19, 0,2 та 0,29 грн./МДж), соняшнику та цукрових буряків – 2,39 і 2,26 МДж/грн. (0,42 та 0,44 грн./МДж) відповідно. Найменш енергомісткими є кукурудза на зерно та гречка – 1,83 і 1,32 МДж/грн. (0,55 та 0,76 грн./МДж) відповідно.

**Висновки.** Визначена в дослідженні система показників оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва дозволяє здійснити порівняння та оцінити різні технології виробництва, обрати оптимальний варіант раціонального використання як матеріальних, так і нематеріальних ресурсів.

Застосування вказаних методичних засад також забезпечує можливість здійснення експрес-аналізу енергетичної ефективності виробництва сільськогосподарських культур, що не залежить від зміни невиробничих чинників, передусім політичних, регуляторно-правового впливу на національну економіку України (податкова, монетарна, протекціоністська політика уряду), коливань ринкової кон'юнктури.

## Оцінка енергетичної ефективності виробництва основних сільськогосподарських культур в Україні (зона Лісостепу), 2016 р.

Сільськогосподарські культури	Урожайність, ц/га	Постійні ціни на сільськогосподарську продукцію (2010 р.), грн./ц	Валова продукція рослинництва, грн./ц	Сукупна енергія, накопичена в основній продукції урожаю, МДж/га	Сукупні енергетичні витрати в розрахунку на 1 га посівної площі, МДж/га	Енергетичний прибуток, МДж/га	Енергетична рентабельність, %	Коефіцієнт енергетичної ефективності (К <sub>е</sub> )	Енергомісткість виробництва продукції, МДж/грн.	Енерговіддача виробництва продукції, грн./МДж
Озима пшениця	65,0	102,75	6678,75	107194,0	34456,4	72737,6	311,1	3,11	5,16	0,19
Ячмінь	50,0	95,40	4770,0	82456,9	16386,3	66070,6	503,2	5,03	3,44	0,29
Кукурудза на зерно	70,0	107,27	7508,9	106206,9	13705,0	92501,9	775,0	7,75	1,83	0,55
Горох	40,0	106,23	4249,2	70931,0	21709,7	49221,3	326,7	3,27	5,11	0,2
Гречка	30,0	357,69	10730,7	50120,7	14208,5	35912,2	352,8	3,53	1,32	0,76
Цукрові буряки	500,0	39,14	19570,0	127871,1	44203,5	83667,6	289,3	2,89	2,26	0,44
Соняшник	30,0	284,21	8526,3	53339,4	20349,9	32989,5	262,1	2,62	2,39	0,42
Люцерна на сіно	30,0	17,11	513,3	16372,5	4468,6	11903,9	366,4	3,66	8,71	0,11
Конюшина на зелений корм	350	3,81	1333,5	23056,1	9390,7	13665,4	245,5	2,46	7,04	0,14

Джерело: розрахунки автора.

#### 4 Список використаних джерел

1. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення) [Текст] / [Ю. О. Тараріко, О. Ю. Несмашна, О. М. Бердніков, Л. Д. Глуценко, Г. І. Личук та інші]. – К.: Аграрна наука, 2005. – 200 с.

2. Буга В. К. Энергоёмкость сельскохозяйственной продукции [Текст]: монография / В. К. Буга, Г. Ф. Добыш, А. А. Мицкевич. – Минск: Ураджай, 1992. – 128 с.

3. Гришко, В. В. Энергозбереження в сільському господарстві (економіка, організація, управління) [Текст] / В. В. Гришко, В. І. Перебийніс, В. М. Рабштина. – Полтава: ВАТ «Видавництво «Полтава», 1996. – 280 с.

4. Медведовський, О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві [Текст] / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К.: Урожай, 1988. – 208 с.

5. Пастухов, В. І. Енергетична оцінка механізованих технологій рослинництва. Методи і результати [Текст] / В. І. Пастухов. – Харків: Ранок-НТ, 2003. – 100 с.

6. Стельмашук, А. М. Економічний механізм прискорення інтенсифікації виробництва в АПК [Текст] / А. М. Стельмашук. – К.: Урожай. – 1990. – 160 с.

#### 4 References

1. Tarariko, Iu. O., Nesmashna, O. Yu., Berdnikov, O. M., Hlushchenko, L. D., Lychuk, H. I. (2005). *Bioenerhetychna otsinka silskohospodarskoho vyrobnytstva (naukovo-metodychne zabezpechennia)* [Bioenergy assessment of agricultural production (scientific and methodological support)]. Kyiv: Ahrarna nauka.

2. Buha, V. K. (1992). *Energoemkost selskohozyaystvennoy produktsii* [Power consumption of agricultural products]. Minsk: Uradzhay.

3. Hryshko, V. V., Perebyinis, V. I., Rabshtyna, V. M. (1996). *Enerhozberezhennia v silskomu hospodarstvi (ekonomika, orhanizatsiia, upravlinnia)* [Energy conservation in agriculture (economics, organization, management)]. Poltava: VAT «Vydavnytstvo «Poltava».

4. Medvedovskyi, O. K. & Ivanenko, P. I. (1988). *Enerhetychnyi analiz intensyvykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi* [Energy analysis of intensive technologies in agriculture]. Kyiv: Urozhai.

5. Pastukhov, V. I. (2003). *Enerhetychna otsinka mekhanizovanykh tekhnolohii roslynnytstva. Metody i rezultaty* [Energy assessment of mechanized crop technologies. Methods and results]. Kharkiv: Ranok-NT.

6. Stelmashchuk, A. M. (1990). *Ekonomichnyi mekhanizm pryskorennia intensyfikatsii vyrobnytstva v APK* [Economic mechanism of accelerating of intensification of production in agriculture]. Kyiv: Urozhai.